

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-158021

(P2001-158021A)

(43) 公開日 平成13年6月12日 (2001.6.12)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード* (参考)

B 2 9 C 33/38

B 2 9 C 33/38

4 F 2 0 2

B 2 9 D 11/00

B 2 9 D 11/00

4 F 2 1 3

G 0 2 B 3/00

G 0 2 B 3/00

A

// B 2 9 L 11:00

B 2 9 L 11:00

審査請求 未請求 請求項の数31 ○ L (全 16 頁)

(21) 出願番号

特願平11-343978

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(22) 出願日

平成11年12月3日 (1999.12.3)

(72) 発明者 手島 隆行

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

(72) 発明者 島田 康弘

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

(74) 代理人 100086483

弁理士 加藤 一男

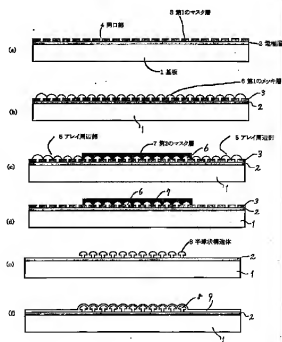
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロレンズアレイ用金型又は金型マスター、及びその作製方法

(57) 【要約】

【課題】 面内分布の小さいマイクログ構造体用金型又はマスター、及びその作製方法である。

【解決手段】 マイクログ構造体用金型又はマスターの作製方法は、(1) 導電性部分2を持つ基板1を用意する工程、(2) 導電性部分2上に第1マスク層3を形成する工程、(3) 第1マスク層3に複数の開口部4を形成して導電性部分2を露出する工程、(4) 導電性部分2を陰極として電気メッキにより開口部4及び第1マスク層3上に第1メッキ層6を形成する工程、(5) 開口部4及び第1メッキ層6の選択された領域上に第2マスク層7を形成する工程、(6) 導電性部分2を陽極とし電圧を印加して第2マスク層7のない領域の第1メッキ層6を電解エッチングで除去する工程を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】マイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法であって、

(1) 少なくとも一部に導電性部分を有する基板を用意する工程、

(2) 前記基板上に絶縁性の第1のマスク層を形成する工程、

(3) 第1のマスク層に複数の適当形状の開口部を形成して導電性部分を露出する工程、

(4) 前記導電性部分を陰極として電気メッキにより前記開口部を通じて前記開口部及び前記第1のマスク層上に第1のメッキ層を形成する工程、

(5) 前記開口部及び第1のメッキ層の選択された領域上に絶縁性の第2のマスク層を形成する工程、

(6) 前記導電性部分を陽極とし電圧を印加することによって第2のマスク層の形成されていない領域の第1のメッキ層を電解エッチングによって除去する工程、を有することを特徴とするマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法。

【請求項2】前記工程(6)の後、

(7) 第2のマスク層を除去する工程、

(8) 第1のマスク層を全面的に除去する工程、

(9) 第1のメッキ層から導電性部分にわたり第2のメッキ層ないし電着層を形成する工程、を更に有する請求項1に記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法。

【請求項3】前記工程(6)の後、

(7) 第2のマスク層を残したまま第2のマスク層に覆われていない第1のマスク層を除去する工程、

(8) 第2のマスク層を除去する工程、

を更に有する請求項1に記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法。

【請求項4】前記工程(8)の後、

(9) 第1のメッキ層から導電性部分にわたり第2のメッキ層ないし電着層を形成する工程、

を更に有する請求項3に記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法。

【請求項5】第1のマスク層は導電性部分と密着性の良い材料で形成される請求項3又は4に記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法。

【請求項6】第1のマスク層はPSGである請求項5に記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法。

【請求項7】第2のメッキ層は電解メッキ或は無電解メッキにより形成する請求項2乃至6の何れかに記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法。

【請求項8】第2のメッキ層がニッケルメッキ層からなる請求項7に記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法。

【請求項9】第2のニッケルメッキ層が無電解メッキ層からなる請求項8に記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法。

【請求項10】第2のニッケルメッキ層にリンが含まれている請求項8又は9に記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法。

【請求項11】前記開口部が基板面内で周期的な繰り返し配列パターンで配列される請求項1乃至10の何れかに記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法。

【請求項12】前記工程(4)において第1のメッキ層がそれぞれ分離されて形成される請求項1乃至11の何れかに記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法。

【請求項13】前記工程(5)において第2のマスク層が複数の領域に形成される請求項1乃至12の何れかに記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法。

【請求項14】前記工程(5)において第2のマスク層の複数の領域は夫々同一の配列の第1のメッキ層を覆う複数の領域を含む請求項13に記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法。

【請求項15】前記工程(5)において第2のマスク層の複数の領域は夫々異なる配列の第1のメッキ層を覆う複数の領域を含む請求項13に記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法。

【請求項16】前記工程(5)において第2のマスク層で覆われない第1のメッキ層の領域の幅が該マスク層で覆われる第1のメッキ層の領域の周囲2mm以上である請求項1乃至15の何れかに記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法。

【請求項17】前記工程(5)において第2のマスク層で覆われる領域の第1のメッキ層の直径の面内分布が5%以内である請求項1乃至16の何れかに記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法。

【請求項18】前記第2のマスク層で覆われる第1のメッキ層の領域の一部が、アライメント用のマーカーとなる請求項1乃至17の何れかに記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法。

【請求項19】前記電解エッチングが工程(4)で用いたようなメッキ浴中において行なわれる請求項1乃至18の何れかに記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法。

【請求項20】前記電極として導く導電性部分の材料と工程(4)において形成される第1のメッキ層の材料が、合金層を形成しない材料である請求項1乃至19の何れかに記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法。

【請求項21】前記電極として導く導電性部分の材料と

工程(4)において形成される第1のメッキ層の材料が、該導電性部分材料が該第1のメッキ層側に拡散して合金層を形成しない様な材料である請求項1乃至20の何れかに記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法。

【請求項2】前記電極として働く導電性部分の材料と工程(4)において形成される第1のメッキ層の材料が、該第1のメッキ層材料が該導電性部分側に拡散して合金層を形成する様な材料である請求項1乃至19の何れかに記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法。

【請求項23】少なくとも一部に導電性部分を有する基板上に形成された複数の適当形状の開口部を有するマスク層の該開口部から該導電性部分を電極層としてメッキ成長することで形成された第1の電気メッキ層、さらに第1の電気メッキ層を覆う様に第1の電気メッキ層ならびに前記導電性部分上に形成された第2のメッキ層ないし電着層よりなることを特徴とするマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスター。

【請求項24】前記マスク層は全面的に除去されて、前記第2のメッキ層ないし電着層は第1の電気メッキ層のみを覆う様に形成されている請求項23に記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスター。

【請求項25】前記第1の電気メッキ層の所のマスク層が残されて、前記第2のメッキ層ないし電着層は第1の電気メッキ層とマスク層を覆う様に形成されている請求項23に記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスター。

【請求項26】前記電極として働く導電性部分の材料と第1の電気メッキ層の材料が、合金層を形成しない材料である請求項23、24又は25に記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスター。

【請求項27】前記電極として働く導電性部分の材料は白金であり、前記第1の電気メッキ層と第2のメッキ層はニッケルメッキ層よりなる請求項26に記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスター。

【請求項28】前記第2のメッキ層は無電解メッキで形成されている請求項23乃至27の何れかに記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスター。

【請求項29】第2のメッキ層は無電解ニッケルメッキ層からなる請求項28に記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスター。

【請求項30】第2のニッケルメッキ層にリンが含有されている請求項27、28又は29に記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスター。

【請求項31】更に、前記第2のメッキ層ないし電着層で覆われた第1の電気メッキ層の周囲の任意の位置に第1の電気メッキ層からなるアライメント用のマーカーが形成されている請求項23乃至30の何れかに記載のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスター。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光エレクトロニクス分野等で使用されるマイクロレンズアレイを作製するためのマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法等に関するものである。

【0002】

【従来の技術】マイクロレンズアレイは、直径数 μm から数 $100\mu\text{m}$ の微小な略半球状のレンズを複数配置したものであり、液晶表示装置、受光装置、光通信システムにおけるファイバー間接続等の様々な用途に使用される様になってきている。

【0003】一方、発光素子間隔を狭くできアレイが容易な面発光レーザー等の開発が進み、レンズアレイの間隔を狭くでき開口数(NA)の大きなマイクロレンズの要求が高まっている。

【0004】受光素子においても同様に、半導体プロセス技術の発達に伴い、素子間隔が狭まり、CCD等に見られる様に、ますます受光素子の小型化がなされている。この結果、ここでも、レンズ間隔の狭い、開口数の大きなマイクロレンズアレイが必要となっている。この様なマイクロレンズでは、レンズ面に入射する光の利用効率が高い高集光率のマイクロレンズが望まれている。

【0005】さらに、今後、期待される光情報処理分野である光並列処理、演算、光インターコネクション等においても、同様の要望がある。

【0006】また、エレクトロルミネッセンス(EL)等の自発光型のディスプレイ装置の研究開発も盛んに行われ、高精細且つ高輝度のディスプレイの提案がなされている。この様なディスプレイにおいては、小型且つ開口数の大きなマイクロレンズアレイに加えて、低コストで大面積のマイクロレンズアレイへの要求がある。

【0007】以上の様な状況において、従来、イオン交換法(M. Oikawa, et al., Jpn. J. Appl. Phys. 20(4) L51-54, 1981)を用いて多成分ガラスからなる基板上の複数の箇所を高屈折率化して、複数のレンズを形成する様にしたマイクロレンズアレイの作製方法が知られている。しかしながら、この方法では、レンズ同士の間隔に比べてレンズ径を大きくとれず、開口数の大きなレンズの設計が困難であった。また、大面積のマイクロレンズアレイを作製するにはイオン拡散装置等の大規模な製造装置が必要とされ、製造が容易でないという問題もあった。また、金型を用いたモールドイングに比べてガラス毎にイオン交換工程を施す必要があり、製造装置の焦点条件管理を十分に行わないと、レンズの品質、例えば焦点距離のばらつきがロット間で大きくなるという問題があった。また、この方法は、金型を用いた方法に比べて、割高となる。

【0008】さらに、イオン交換法では、ガラス基板中

に液イオン交換用のアルカリイオンが必須となり、基板材料がアルカリガラスに限定されアルカリイオンフリーを前提とする半導体をベースとする素子との適合性が悪い。さらに、ガラス基板そのものの熱膨張係数が受光装置や発光装置の基板の熱膨張係数と大きく異なる為、素子の集積密度が増加するに伴い、熱膨張係数の不整合によるミスマライメントが発生する。また、元来、ガラス表面のイオン交換法は表面に圧縮歪を残すことが知られており、これによりガラスが反り、マイクロレンズアレイが大判化するに従い、受光装置や発光装置との接合・接合が困難となっている。

【0009】他の方法としては、レジストリフロー法(D. Daly, et al., Proc. Micro Lens Array Teddington, p23-34, 1991)がある。この方法では、基板上に形成した樹脂をフォトリソグラフィプロセスを利用して円筒状にパターンニングし、これを加熱しリフローさせてマイクロレンズアレイを製作する。この方法により、様々な形状のレンズが低コストで製作することが可能である。また、イオン交換法に比べて、熱膨張係数や反り等の問題がない。しかしながら、この方法は、マイクロレンズの形状が樹脂の厚み、基板と樹脂との濡れ性状態、及び加熱温度に強く依存し、単一基板面内の作製再現性は高いが、ロット毎のばらつきが発生しやすいため、隣接するレンズ同士がリフローにより接触すると表面張力により所望のレンズ形状を保つことができなくなる。すなわち、隣接するレンズを接触させレンズ間の光使用領域を小さくし高集光率化することが困難である。

【0010】また、数10〜数100μm程度のレンズ径を得ようとして、リフローにより球面化するに十分な厚みの樹脂を塗布することになるが、所望の光学特性(屈折率、高光透過率)を有する樹脂材料を均一に厚く塗布することが困難である。すなわち、大きな曲率を持ちレンズ径が大きなマイクロレンズを製作することが難しい。

【0011】他の方法としては、マイクロレンズアレイの原版を製作し、原版にレンズ材料を塗布し、塗布したレンズ材料を剥離して製作する方法がある。原版となる金型の作製に当たっては、電子ビームを用いて描画する方法(特開平1-231601号公報)、金属板の一部をエッチングし形成する方法(特開平5-303009号公報)がある。これらの方法は、モールドングにてマイクロレンズを複製することができ、ロット毎のばらつきが発生しにくく、また低コストにてマイクロレンズを製作することが可能である。また、イオン交換法に比べて熱膨張係数差に伴うアライメント誤差の発生や反り等の問題を回避できる。しかしながら、電子ビームを用いる方法では、電子ビーム描画装置が高価であり多額の設備投資が必要となる、描画面積が制限されているため

に、10cm角以上の大面積の原版を製作することが困難である等の問題がある。

【0012】また、エッチングする方法では、主として化学反応を利用した等方性エッチングを用いるため金属板の組成や結晶構造が僅かでも変化すると、所望の形状にエッチングできなくなるという問題がある。また、エッチングする方法では、所望の形状が得られた時点で直ちに水洗しないとエッチングが継続する。微小なマイクロレンズを形成する場合には、所望の形状が得られた時点から水洗に至るまでの時間に進行するエッチングにより、所望の形状から逸脱する場合がある。

【0013】上記問題点を解決する方法としては、電気メッキにより半球状構造体アレイを製作し、これを原版としてマイクロレンズ用金型を製作し、さらにこの金型よりマイクロレンズアレイを製作する方法が考案されている(特公昭64-10169号公報)。この方法によると、大判化が容易で、作製プロセスが容易で、制御性が高く、且つ安価にマイクロレンズ用金型が作製できる。

【0014】【発明が解決しようとする課題】しかし、この方法では、メッキ時の開口部106の形状に起因して電流密度に分布が発生し、図11に示すように使用領域105のアレイパターンの周辺部で電界が集中し、メッキ成長が促進され、半球状構造体108の大きさに面内分布が生ずる。

【0015】本発明は、上記従来技術が有する問題点に鑑みて成されたものである。その技術は、(1)大判化が容易で、(2)作製プロセスが容易で、制御性が高く、(3)比較的低コストで、(4)面内分布の小さい、(5)同一基板面内に複数個又は複数種類のレンズパターンを有し得るマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスター、及びその作製方法を提供することにある。

【0016】【課題を解決するための手段と作用】上記目的を達成するための本発明の半球状等のマイクロ構造体アレイ、マイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法は、(1)少なくとも一部に導電性部分を持つ基板(導電性基板、電極層を有する基板等)を用意する工程、

(2)前記基板の導電性部分上に絶縁性の第1のマスク層を形成する工程、(3)第1のマスク層に複数の適当形状の開口部を形成して導電性部分を露出する工程、

(4)前記導電性部分を陰極として電気メッキにより前記開口部を通して前記開口部及び前記第1のマスク層上に第1のメッキ層を形成する工程、(5)前記開口部及び第1のメッキ層の選択された領域上に絶縁性の第2のマスク層を形成する工程、(6)前記導電性部分を陽極とし電圧を印加することによって第2のマスク層の形成されていない領域の第1のメッキ層を電解エッチングによって除去する工程の少なくとも(1)から(6)の工

程を有する特徴とする。

【0017】上記の基本構成に基づいて以下の如き、より具体的な態様も可能である。前記工程(6)の後、(7)第2のマスク層を除去する工程、(8)第1のマスク層を全面的に除去する工程、(9)第1のメッキ層から導電性部分にわたり第2のメッキ層ないし電着層を形成する工程を更に有し得る。これは後記の第1実施例に対応するものである。第2の層は、第1の電気メッキ層を固定できて滑らかに形成されればよいので、電気メッキ(直流メッキ、パルスメッキ等)の他に、電着、無電解メッキなどでも形成できる。また、電気メッキ浴に Al_2O_3 、 TiO_2 、PTFE等の分散粒子を付加することによる分散メッキも利用できる。分散粒子により、凸型構造体の機械的強度、耐食性を向上することが可能となる。電着では、電着性有機化合物(アニオン型電着のアクリル系カルボキ酸樹脂、カチオン型電着のエポキシ系樹脂等)を電流を用いて第1のメッキ層上に電着できる。このことは、後の態様においても同様である。

【0018】前記工程(6)の後、(7)第2のマスク層を残したまま第2のマスク層に覆われていない第1のマスク層を除去する工程、(8)第2のマスク層を除去する工程を更に有する態様も可能である。これは後記の図9の実施例に対応するものである。この場合、前記工程(8)の後、(9)第1のメッキ層から導電性部分にわたり第2のメッキ層ないし電着層を形成する工程を更に有してもよい。この態様では、第1のマスク層が基板の導電性部分と充分密着性の良い材料(PSG等)で形成されれば、第2のメッキ層ないし電着層を形成しない状態においても金型或はマスターとして使用し得る。

【0019】第2のメッキ層は電気メッキ或は光沢度を高くする無電解メッキにより形成され得ることは既に述べたが、この場合、第2のメッキ層がニッケルメッキ層からなったり、第2のニッケルメッキ層に耐食性を高める為にリンが含有されていたりする。

【0020】前記開口部は基板面内周期的な繰返し配列パターン(2次元マトリクス配列パターン等)で配列され得る。この周期的繰返し配列パターンは、その中に単位となる配列パターンがあってそれが繰返されるというのではなく、全体として均一の配列であり、どこにも単位となる配列パターンが見出されないようなものである(逆に言えば、取ろうとすれば単位となる配列パターンがどこにも取り得るようなもの)。なぜなら、単位となる配列パターンが存在すれば、その中で電流密度に分布が生じ、単位となる配列パターンの周囲で電界が集中して不具合が生じるからである。

【0021】前記工程(4)において第1のメッキ層がそれぞれ分離されて形成され得る。こうすれば、第1のマスク層を全面的に除去するときに確実に除去できる。

【0022】前記工程(5)において第2のマスク層は

複数の領域に形成され得る。この場合、前記工程(5)において第2のマスク層の複数の領域は夫々同一の配列の第1のメッキ層を覆う複数の領域を含む様にしたり、第2のマスク層の複数の領域は夫々異なる配列の第1のメッキ層を覆う複数の領域を含む様にしたりできる。

【0023】前記工程(5)において第2のマスク層で覆われない第1のメッキ層の領域の幅は、該マスク層で覆われる第1のメッキ層の領域の周囲2mm以上である。こうすると、前記工程(5)において第2のマスク層で覆われる領域の第1のメッキ層の直径の面内分布が5%以内である様に容易にし得る。これは、マイクロレンズアレイとして充分な性能を実現するものである。

【0024】前記第2のマスク層で覆われる第1のメッキ層の領域の一部が、アライメント用のマーカーとなる第1のメッキ層を形成するためのものである態様も採り得る。これは、後工程でアライメントマークとして用いられる。

【0025】前記電解エッチングは工程(4)で用いたようなメッキ浴中において行なわれ得る。

【0026】前記電極として働く導電性部分の材料と工程(4)において形成される第1のメッキ層の材料が、合金層を形成しない材料であり得る。こうすれば、不必要な部分の第1のメッキ層を除去するときに完全に除去されて、突起が残る様なことがなくなり、第2のメッキ層ないし電着層を形成したときに不要な突起(アライメント用のマーカーと見間違ふ様なことが起こり得る)が形成されない。前記電極として働く導電性部分の材料と工程(4)において形成される第1のメッキ層の材料が、該導電性部分材料が該第1のメッキ層面に拡散して合金層を形成しない様な材料であっても、同様な効果がある。例えば、第1のメッキ層がNiで、導電性部分がAuであると、Auが第1のメッキ層面に拡散して合金層を形成して、第1のメッキ層を除去したときに合金層の突起が残ることになる。

【0027】しかし、前記電極として働く導電性部分の材料と工程(4)において形成される第1のメッキ層の材料が、該第1のメッキ層材料が該導電性部分面に拡散して合金層を形成する様な材料である場合はよい。なぜなら、この場合は、第1のメッキ層が導電性部分面に拡散して合金層を形成するので、第1のメッキ層を除去したときに合金層が残っても、これは突起にならないからである。例えば、第1のメッキ層がAuで、導電性部分がNiで、Auが導電性部分面に拡散して合金層を形成するが、これは問題にならない。

【0028】更に、上記目的を達成するための本発明の半導体等のマイクロ構造体アレイ、マイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターは、少なくとも一部に導電性部分を有する基板上に形成された複数の適当形状の開口部を有するマスク層の読開口部から該導電性部分を電極

層としてメッキ成長することで形成された第1の電気メッキ層、さらに第1の電気メッキ層を覆う様に第1の電気メッキ層ならびに前記導電性部分上に形成された第2のメッキ層ないし電着層よりなることを特徴とする。

【0029】この構成において、上記した理由により、前記マスク層は全面的に除去されて、前記第2のメッキ層ないし電着層は第1の電気メッキ層のみを覆う様に形成されていたり、前記第1の電気メッキ層の所のマスク層が残されて、前記第2のメッキ層ないし電着層は第1の電気メッキ層とマスク層を覆う様に形成されていたり、前記電極として曲く導電性部分の材料と第1の電気メッキ層の材料が、合金層を形成しない材料であったり、前記電極として曲く導電性部分の材料は白金(Pt)であり、前記第1の電気メッキ層と第2のメッキ層はニッケルメッキ層よりなったり、前記第2のメッキ層は無電解メッキで形成されていたり、第2のメッキ層は無電解ニッケルメッキ層からなったり、第2のニッケルメッキ層にリンが含有されていたりする。更に、前記第2のメッキ層ないし電着層で覆われた第1の電気メッキ層の周囲の任意の位置に第1の電気メッキ層からなるアライメント用のマーカーが形成されていてもよい。

【0030】以上が本発明の基本的及びより具体的な構成要素であり、その詳細及び作用について典型的な例に沿って以下に説明する。まず、半球状等の第1のメッキ層の構造体の形成原理について述べる。

【0031】導電性基板又は電極層を有する基板上に形成された絶縁性のマスク層の最小開口部に電気メッキを行うと、まず開口部内にメッキ層が析出し、さらに電気メッキを行うと開口部及びマスク層上に第1のメッキ層が成長し始める。電気メッキの陽極に比べて開口部寸法が十分に小さいと、第1のメッキ層は開口部の中心ないし中心線に対して等方的に成長し、半球状等の第1のメッキ層が開口部及びマスク層上に形成される。開口部形状を円形にすることにより、第1のメッキ層はマスク層上に等方的に半球状に成長できる。

【0032】エッチングにより原板を形成する方法に比べて、所望の形状が得られた時点で陽極と陰極との間に流れる電流を停止すればメッキの析出を停止させるために、水洗までの時間までエッチングされてしまう様な不測の形状誤差を回避でき、作製の制御性が良い。

【0033】次に、マイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの作製方法を示す。まず、導電性基板又は電極層を有する基板上に第1のマスク層を形成する。メッキ用基板材料としては、金属、半導体、絶縁体の何れの材料でもよく、平坦性の良好な金属板、ガラス基板、シリコンウエハ等を使用することが可能である。メッキ用基板として金属材料を使用するのであれば、電極層を形成する必要はない。また、半導体を用いる場合、電気メッキが可能な程度の導電性を有するのであれば、必ずしも電極層を形成する必要はない。電極層としては、メ

キ液に晒される為に、使用するメッキ液に腐蝕されない材料より選択される。但し、後の工程でこの電極層の上に形成された第1のメッキ層を電解エッチングして除去するので、第1のメッキ層と合金層を形成しない材料が好ましい。

【0034】また、電極層は前記メッキ液中でも電解エッチングされない材料が好ましい。第1のマスク層は絶縁性を有する材料であればよく、無機絶縁体、有機絶縁体のいずれも使用することができる。電極層及び第1のマスク層の形成方法としては、真空蒸着方法、スパッタ法、ディップ法、化学堆積法(CVD)等の薄膜形成方法を用いる。

【0035】次に、第1のマスク層に開口部アレイを形成する。開口部形状は円形が望ましい。開口部形成に当たっては、微小な開口を形成することが可能な半導体フォトリソグラフィプロセスとエッチングにより開口部を形成する。第1のマスク層として、フォトリソを用いるとエッチングの工程を省略できる。

【0036】次に、メッキ用基板をワークとして金属イオンを含むメッキ液に漬け、陽極板との間に外部電源を繋げて電流を流し、開口部に第1のメッキ層を形成する。開口部にメッキが形成され、さらにメッキを続けることで第1のマスク層上にも第1のメッキ層が広がって半球状等の構造体が形成される。作製するマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターが形成するマイクロレンズの径としては数 μm から数100 μm の範囲であり、この為、開口部の大きさは所望のマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターが形成するマイクロレンズの径よりも小さくする必要がある。メッキ成長が等方的となる為に開口部の寸法は半球状構造体の直径に比べて小さい程、半球状構造体の形状は真球に近づく。半球状構造体はメッキ浴中の金属イオンが電気化学反応により析出することにより形成される。

【0037】電気メッキでは、メッキ時間、メッキ温度を制御して第1のメッキ層の厚さを容易に制御することが可能である。主なメッキの金属としては、単金属では、Ni、Au、Pt、Cr、Cu、Ag、Zn等、合金では、Cu-Zn、Sn-Co、Ni-Fe、Zn-Ni等が使用可能である。他の電気メッキが可能な材料であれば用いることは可能であるが、前記電極層と合金層を形成しない材料が好ましい。

【0038】ここで形成される第1のメッキ層はアレイ周辺部が中心部分よりも大きく成長する。それは電流分布が均一でなく電極の端の部分で電流が集中するからである。しかし、本発明の方法ではアレイ周辺部の中心部分よりも大きく成長した第1のメッキ層を選択的に電解エッチングによって取り除くことによって、ほぼ均一な大きさの第1のメッキ層のアレイを得ることができる。

【0039】すなわち、その方法は、ほぼ均一な大きさの第1のメッキ層が形成されている領域上に第2のマス

ク層を形成する。第2のマスク層は絶縁性を有する材料であればよく、無機絶縁体、有機絶縁体のいずれも使用することができる。第2のマスク層の絶縁層の形成方法としては、真空蒸着方法、スピコート法、ディップ法等の薄膜形成方法を用いる。選択的領域のみに絶縁層を形成するに当たっては、半導体フォトリソグラフィプロセスとエッチングにより形成する。第2のマスク層として、フォトリソレジストを用いるとエッチングの工程を省略できる。

【0040】次に、この基板をワークとして、先に第1のメッキ層を形成したメッキ液に漬け、第1のメッキ層を形成した場合と逆に陰極と陽極を繋ぎ外部電源から電流を流す。これによって、中心部よりも大きく成長した第1のメッキ層は選択的に電解エッチングによって除去される。ここで電極層が前記メッキ液で電解されず且つ第1のメッキ層と合金層を形成しない材料であれば、電解エッチング後に電極層の平らな面が得られる。

【0041】残された第2のマスク層に覆われた第1のメッキ層は、ほぼ均一な大きさであり、直径の面内分布が小さい半球状精造体アレイとなる。ここで除去された第1のメッキ層の金属はメッキ液中或いは対極の金属板に回収でき、高価な金属材料であっても無駄なく使用できる。

【0042】さらに任意の位置に存在する第1のメッキ層上に第2のマスク層を形成すれば、後の工程でも電解エッチングされずに第1のメッキ層からなるアライメント用のマーカーを形成することが可能となる。この際、除去するメッキ層の一部がメッキ液中に露出していれば電解エッチング除去することが可能である。

【0043】更に、この方法では基板内に複数の第2のマスク層を設けることにより、1枚の基板から複数個或いは複数種の第1のメッキ層の直径の大きさの面内分布が小さいマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターを得ることも可能となる。これは、第1のメッキ層を形成後、アレイパターンの周辺部を除いた第1のメッキ層の直径の大きさの面内分布の小さい領域に選択的に第2のマスク層を形成することができるからである。

【0044】次に、第1及び第2のマスク層を除去し、第1のメッキ層から電極層にかけて第2のメッキ層を形成する。これによって、第1のメッキ層は電極層上に強固に固定され、その後の工程において第1のメッキ層が脱落することが防止でき、マイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターの耐久性が良くなる。

【0045】マイクロレンズアレイ用金型は、上記マイクロレンズアレイ用金型マスター（原版）に金型材料を形成した後、金型を剥離することで得られる。マイクロレンズアレイ用金型は、電気メッキにより形成した原版から直接形成できるように、高価な設備を必要とせず、低コストで作製できる。剥離の方法としては、機械的に原版と基板を剥離すればよい。しかしながら、大判化する

と剥離時に変形する場合がある為、基板、電極層、第1及び第2のメッキ層を順次裏面よりエッチング除去する方法を取っても良い。

【0046】基板及び第2のメッキ層上に犠牲層を設けた後に金型を形成する場合には、犠牲層を除去することにより金型と基板を剥離することが可能である。この場合、犠牲層をエッチングするエッチャントにより金型が腐蝕されないような犠牲層の材料を選ぶ。犠牲層をエッチングするエッチャントにより第1及び第2のメッキ層及び基板も腐蝕されない場合、第1及び第2のメッキ層を形成した基板を原版として、複数回使用することが可能であり、金型が複数回の使用により傷、汚れ等により使用できなくなった場合に、同様の方法により金型を容易に作製することができる。

【0047】マイクロレンズ用金型の材料としては、第1及び第2のメッキ層を形成した基板上に形成でき、かつ剥離できるものであれば樹脂、金属、絶縁体等の何れの材料も用いることができる。

【0048】簡略な金型の形成方法としては、樹脂や金属、ガラスの溶融または溶解した溶液を第1及び第2のメッキ層が形成された基板上に塗布し硬化した後に、上述した剥離の方法により剥離して形成する。この場合、金型材料としては基板や第2のメッキ層と合金化しない材料を選択する。

【0049】他の方法としては、基板を陰極として第2のメッキ層及び基板の電極層上に金型を電気メッキして形成する。犠牲層を用いるのであれば、犠牲層上に金型用電極層を形成し該金型用電極層を陰極として電気メッキを行う。

【0050】さらに上記マイクロレンズアレイ用金型上にマイクロレンズとなる材料を形成した後、これを剥離することによりマイクロレンズアレイを形成することができる。これにより、低コストで且つ容易に、同一の形状のマイクロレンズを作製することが可能となる。マイクロレンズの材料としては、マイクロレンズ用金型との剥離性が容易な材料が用いられる。マイクロレンズ材料として樹脂を用いる場合は、光透過性の熱硬化樹脂、紫外線硬化樹脂、電子線硬化樹脂等をマイクロレンズアレイ用金型上に塗布した後、紫外光照射、電子線照射等により硬化させる。硬化時には、気泡が形成されないように、樹脂を塗布する場合には、脱気を行うとよい。硬化後に、樹脂は金型から剥離されマイクロレンズアレイが形成される。マイクロレンズアレイとなる樹脂としては、マイクロレンズを用いる受光、または発光装置が利用する光の波長領域で光透過可能な材料を用いる。

【0051】上記方法でマイクロレンズを作製する場合には、アルカリガラスが必須とはならず、イオン交換法と比べて、マイクロレンズ、支持基板の材料の制限を少なくすることができる。樹脂の代わりには溶解したガラスを使用すれば、ガラスのマイクロレンズアレイを作製で

きる。

【0052】勿論、本発明の金型は、適用可能であれば、マイクロレンズアレイに限らず、どのような構造を作製するのに使用し得る。

【0053】

【発明の実施の形態】以下に、図面を参照しつつ発明の実施の形態を説明する。

【0054】（第1実施例）第1実施例は、本発明によるマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスター及びマイクロレンズアレイの製造方法の第1態様である。図1

10を用いてその製造方法を説明する。

【0055】図1から図5の作製工程図を用いて説明する。酸化ガスを用いて熱酸化し、両面に1 μ m厚の二酸化シリコン膜が形成された2インチφのシリコンウエハを、図1に示す基板1として用いる。このウエハ1に、薄膜形成法の1つである真空スパッタ法によりTiとPtを夫々50Å、500Å連続して成膜し、電極層2を形成する。その上にポジ型フォトリソ（Az1500：Hoechst社製）を塗布し第1のマスク層3を形成する。

【0056】次に、第1のマスク層3上にフォトリソを成膜し、フォトリソグラフィにより該フォトリソを露光、現像し、これをマスクとしてエッチングして電極層2を部分的に露出させ、開口部4を形成する。開口部4は円形をしており、その直径は5 μ mであり、隣接する開口部4との間隔は25 μ mである。また、本実施例では全体で860×860個の開口部4を設けた（図1（a）参照）。

【0057】この基板1をワークとして用いて、電極層2を陰極として、硫酸ニッケルと塩化ニッケルとほう酸及び光沢剤からなるNiメッキ浴を用いて、浴温60℃、陰極電流密度40A/dm²でNiメッキを行なう。Niからなる第1のメッキ層6はまず開口部4から析出、成長し、第1のマスク層3上にも第1のメッキ層6が広がり、アレイ中心部の半径が約10 μ mの半球状構造体8となるまで第1のメッキ層6を成長させた（図1（b）参照）。

【0058】図2は図1（b）における半球状構造体8の面内分布を示す図であり、図2（a）が断面図、図2（b）が上面図である。アレイ中心部において半球状構造体8の半径が約10 μ mのと、アレイ周辺部5においては半径が最大約15 μ mの半球状構造体8が形成された。

【0059】次に、ポジ型フォトリソ（AzP4620：Hoechst社製）を塗布、露光、現像し、アレイ周辺部5の2mmの幅を除いた700×700個の領域に選択的に第2のマスク層7を設ける。これによってアレイ周辺部5の第1のメッキ層6は露出された（図1（c））。図3（a）が断面図、図3（b）が上面図である。ここで、第2のマスク層7に覆われた領域の第

1のメッキ層6の直径の面内分布は5%以内であった。【0060】この基板1をワークとして用いて、それを陽極として、硫酸ニッケルと塩化ニッケルとほう酸及び光沢剤からなるNiメッキ浴を用いて、浴温60℃、陽極電流密度8A/dm²で、露出した第1のメッキ層6の電解エッチングを行なう（図1（d））。ここで、電極層2としてPtを用いていたことにより、電極層2は腐蝕されない。そして、電解エッチングは第2のマスク層7に覆われていない領域に存在するNiからなる第1のメッキ層6が消費された時点で停止した。

【0061】次に、アセトンとジメチルホルムアミドで第1及び第2のマスク層3、7を除去することにより、700×700個の半球状構造体8を有する半球状構造体アレイを形成することができる（図1（e）参照）。図4は図1（e）における半球状構造体8の面内分布を示す図であり、図4（a）が断面図、図4（b）が上面図である。半球状構造体8の半径の面内分布は5%以内であった。

【0062】次に、電極層2を陰極として、硫酸ニッケルと塩化ニッケルとほう酸及び光沢剤からなるNiメッキ浴を用いて、浴温60℃、陰極電流密度8A/dm²で、Niメッキを行ない第2のメッキ層9を形成する（図1（f））。これによって、第1のメッキ層6は電極層2上に強固に固定されたマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターが得られる。

【0063】以上、本実施例により、マイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターにおいて、半球状構造体の大きさの面内分布を容易に小さくすることができる製造方法を提供することができた。

【0064】次に、以上の製法で形成された構造をマスターとして用いて金型を作る工程を説明する。常圧CVD（Chemical Vapor Deposition）法により、PSG（Phosphosilicate glass）を350℃にて1 μ m成膜し、犠牲層10を形成する（図5（a））。続いて、電子ビーム蒸着法により、TiとAuを夫々10nm、200nm連続して成膜し、金型用電極層11を形成する（図5（b））。

【0065】この金型をワークとして用いて、金型用電極層11を陰極として、スルファミン酸ニッケルと臭化ニッケルとほう酸及び光沢剤からなるNiメッキ浴を用いて、浴温50℃、陰極電流密度5A/dm²で、Ni電気メッキを行ない金型20を形成する（図5（c））。

【0066】次に、フッ酸とフッ化アンモニウムとの混合水溶液に基板を浸漬して犠牲層10であるPSGをエッチング除去し、基板と金型20を制能する。この後、金型用電極層11のTiも同時に除去される。この後に、金型用電極層11のAuを、濃素と濃化カルシウムの混合水溶液によりエッチング除去し、凸型マイクロレン

ズアレイ用金型20を形成する(図5(d))。
 【0067】この金型20を用いてマイクロレンズアレイを製作する。凸型マイクロレンズアレイ用金型20に紫外線硬化樹脂12を塗布後、支持基板13となるガラス基板をその上に載せる(図5(e))。紫外線照射により樹脂12を硬化させた後に剥離することにより、凸型マイクロレンズアレイ15を製作した(図5(f))。この凸型マイクロレンズアレイにおいてもレンズ直径の面内分布は5%以内であった。

【0068】(第2実施例)図1、図9乃至図9の作製工程図を用いて第2実施例を説明する。図1(a)に示す開口部4を形成するまでの過程は第1実施例と同じに行なう。第2実施例では、隣接する開口部4の間隔は18 μm である。また、本実施例では全体で2000×2000個の開口部4を設けた(図1(a)参照)。アレイ中心部の半径が約10 μm の半球状構造体8となるまで第1のメッキ層6を成長させる工程も第1実施例と同じに行なう(図1(b)参照)。

【0069】図2は図1(b)における半球状構造体8の面内分布を示す図であり、図2(a)が断面図、図2(b)が上面図である。アレイ中心部において半球状構造体8の半径が約10 μm の時、アレイ周辺部5においては半径が最大約15 μm の半球状構造体8が形成された。

【0070】次に、ポジ型フォトリソ(AzP4620: Hoechst社製)からなる第2のマスク層7を形成する。この第2のマスク層7上に塗布したフォトリソを露光、現像し、アレイ周辺部5を除いた1064×806個の領域に選択的に第2のマスク層7を設ける(図1(c))。ここで、本実施例においては、貼り合わせ等の位置合わせに用いるマーカー14を形成する為に、前記1064×806個の領域以外の任意の2つの位置にも第2のマスク層7を形成する(図6)。

【0071】次に、基板1をワークとして用いて、それを陽極として硫酸ニッケルと塩化ニッケルとほう酸及び光沢剤からなるNiメッキ浴を用いて、溶温60℃、陽極電流密度8A/dm²で、露出した第1のメッキ層6(部分的に露出しているものも含む)の電解エッチングを行なう。ここで、電極層2としてPtを用いていたことにより電極層2は腐蝕されない。そして、電解エッチングは第2のマスク層7に完全に覆われていない領域に存在するNiからなる第1のメッキ層6が消費された時点で停止する。

【0072】次に、アセトンとジメチルホルムアミドで第1及び第2のマスク層3、7を除去することにより、1064×806個の半球状構造体8と第1のメッキ層6からなるマーカー14を有する半球状構造体アレイを形成することができる。図7は上面図であり、半球状構造体8の半径の面内分布は5%以内であった。

【0073】ここで、電極層2を陰極として硫酸ニッ

ルと塩化ニッケルとほう酸及び光沢剤からなるNiメッキ浴を用いて、溶温60℃、陰極電流密度8A/dm²でNiメッキを行なう第2のメッキ層9を形成する。これによって、第1のメッキ層8(マーカー14を含む)が電極層2上に強固に固定されたマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターが得られる。この時の使用領域におけるメッキ層8の曲率半径は約25 μm であり曲率半径の分布は5%以内であった。

【0074】以上、本実施例により、マーカー14付き半球状マイクロ構造体アレイにおいて、使用領域の半球状構造体8の大きさの面内分布を容易に小さくすることができ製造方法を提供することができた。

【0075】凸型マイクロレンズアレイ用金型は第1実施例と同様に形成できる。この場合、この金型にも、凸型マーカー14の逆転した形状の凹型マーカーが形成されている。この金型凹型マイクロレンズアレイ用金型に紫外線硬化樹脂12を塗布後、支持基板13となるガラス基板13をその上に載せる。紫外線照射により硬化させた後に樹脂12を剥離することにより、アライメント用の凸型マーカー14を有する凸型マイクロレンズアレイ15を製作できる(図8)。この凸型マイクロレンズアレイ15においても、レンズ曲率半径の面内分布は5%以内であった。

【0076】続いて、TFT液晶基板に形成されたマーカーに凸型マイクロレンズアレイ15のマーカー14を合わせて両者を貼り付けることにより、各画素に対応した位置にマイクロレンズを配置することができた。これらを駆動回路に繋ぎ液晶プロジェクターとして駆動させたところ、入射光はマイクロレンズによって集光され明るい表示画像を得ることができた。

【0077】(第3実施例)第3実施例を、図1の作製工程図を用いて説明する。開口部4を形成するまでは第1実施例と同じである。開口部4はシリコンウエハ面内の950mmφの領域内にアレイ状に設ける。基板1をワークとして用いて、アレイ中心部の半径が約10 μm の半球状構造体8となるまで第1のメッキ層6を成長させるのも、第1実施例と同じである(図1(b)参照)。

【0078】次に、ポジ型フォトリソ(AzP4620: Hoechst社製)からなるマスク層7を形成する(図1(c))。フォトリソを露光、現像し、ウエハの周辺部5を除いた領域に選択的に第2のマスク層7を設ける。ここで第2のマスク層7は、700×700個の領域で同一面内に4ヶ所設ける。

【0079】続いて、基板1をワークとして用いて、それを陽極として硫酸ニッケルと塩化ニッケルとほう酸及び光沢剤からなるNiメッキ浴を用いて、溶温60℃、陽極電流密度8A/dm²で、露出した第1のメッキ層6の電解エッチングを行なう。

【0080】次に、アセトンとジメチルホルムアミドで

第1及び第2のマスク層3、7を除去することにより、 700×700 個の半球状構造体8を同一面に4ヶ所有する半球状構造体アレイを形成することができた。このとき、それぞれの領域内および領域間での半球状構造体8の半径の面内分布は5%以内であった。

【0081】以上、本実施例により、同一構造の複数領域を有するマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターにおいて、半球状構造体8の大きさの面内分布を容易に小さくすることができる製造方法を提供することができた。

【0082】ここで、凸型マイクロレンズアレイ用金型を第1実施例と同様に形成することができる(図5(a)～(d)参照)。そして、凸型マイクロレンズアレイ用金型20に紫外線硬化樹脂12を塗布後、支持基板13となるガラス基板をその上に載せ、紫外線照射により硬化させた後に剥離し、更に各領域を切り取ることにより、一枚の金型20から4個の凸型マイクロレンズアレイ15を製作することができた(図5(e)、(f)参照)。この各凸型マイクロレンズアレイ15においてもレンズ直径の面内分布は5%以内であった。

【0083】(第4実施例) 第4実施例を、図1の作製工程図を用いて説明する。開口部4を形成するまでは第1実施例と同じである。開口部は、シリコンウエハ面の 9.50mm φの領域内にアレイ状に設ける。基板1をワークとして用いて、アレイ中心部の半径が約 $10\mu\text{m}$ の半球状構造体8となるまで第1のメッキ層6を成長させるのも、第1実施例と同じである(図1(b)参照)。

【0084】次に、ボジ型フォトリソ(AzP4620: Hoechst社製)からなるマスク層7を形成する(図1(c))。フォトリソを露光、現像し、ウエハの周辺部5を除いた領域上に選択的に第2のマスク層7を設ける。ここで第2のマスク層7は、第1のメッキ層6の数が 700×700 個、 1024×768 個、 700×350 個と3種類の領域を同一面に設ける。

【0085】続いて、基板1をワークとして用いて、それを陽極として硫酸ニッケルと塩化ニッケルとほう酸及び光沢剤からなるN1メッキ浴を用いて、溶温 60°C 、陽極電流密度 $8\text{A}/\text{dm}^2$ で、露出した第1のメッキ層6の電解エッチングを行なう。

【0086】次に、アセトンとジメチルホルムアミドで第1及び第2のマスク層3、7を除去することにより、 700×700 個、 1024×768 個、 700×350 個と3種類の半球状構造体8の領域を同一面に有する半球状構造体アレイを形成することができた。

【0087】このとき、それぞれの領域内および領域間での半球状構造体8の半径の面内分布は5%以内であった。

【0088】以上、本実施例により、異種構造の複数領

域を有するマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターにおいて、半球状構造体8の大きさの面内分布を容易に小さくすることができる製造方法を提供することができた。

【0089】ここで、凸型マイクロレンズアレイ用金型を第1実施例と同様に形成することができる(図5(a)～(d)参照)。そして、凸型マイクロレンズアレイ用金型20に紫外線硬化樹脂12を塗布後、支持基板13となるガラス基板をその上に載せ、紫外線照射により硬化させた後に剥離し、更に各領域を切り取ることにより、一枚の金型20から3種類の凸型マイクロレンズアレイ15を製作することができた(図5(e)、(f)参照)。この各凸型マイクロレンズアレイにおいても、レンズ直径の面内分布は5%以内であった。

【0090】(第5実施例) 第5実施例を、図9の作製工程図を用いて説明する。酸化ガスを用いて熱酸化し、両面に $1\mu\text{m}$ 厚の二酸化シリコン膜が形成された4インチφのシリコンウエハを、図9に示す基板1として用いて、このウエハに、薄膜形成法の1つである真空スパッタ法によりTiとNiを夫々 50\AA 、 500\AA 連続して成膜し、電極層2を形成する。その上に、常圧CVD法に

より、PSGを 350°C にて $1\mu\text{m}$ 成膜し、第1のマスク層3を形成する。ここで、電極層2のNiと第1のマスク層3のPSGの密着性は強固である。

【0091】次に、第1のマスク層3上にフォトリソグラフィによりボジ型フォトリソ(Az1500: Hoechst社製)を塗布、露光、現像して開口部を設け、四フッ化炭素を用いた反応性イオンエッチングによりフォトリソの開口部のマスク層3をエッチング除去する。こうして、電極層2を部分的に露出させ、開口部4を形成する。開口部4は円形をしており、その直径は $5\mu\text{m}$ であり、隣接する開口部4との間隔は $2.5\mu\text{m}$ である。また、本実施例では、全体で 860×860 個の開口部4を設けた(図9(a)参照)。

【0092】この基板1をワークとして用いて、電極層2を陰極として硫酸ニッケルと塩化ニッケルとほう酸及び光沢剤からなるN1メッキ浴を用いて、溶温 60°C 、陰極電流密度 $40\text{A}/\text{dm}^2$ で、N1メッキを行なう。Niからなる第1のメッキ層6はまず開口部4から析出、成長し、第1のマスク層3上にも広がり、アレイ中心部の半径が約 $10\mu\text{m}$ の半球状構造体8となるまで、第1のメッキ層6を成長させる(図9(b)参照)。アレイ中心部において半球状構造体8の半径が約 $10\mu\text{m}$ のとき、アレイ周辺部5においては半径が最大約 $15\mu\text{m}$ の半球状構造体8が形成された。

【0093】次に、ボジ型フォトリソ(AzP4620: Hoechst社製)を塗布、露光、現像し、アレイ周辺部5の 2mm の幅を除いた 700×700 個の領域に選択的に第2のマスク層7を設ける。これによってアレイ周辺部5の第1のメッキ層6は露出される

(図9(c))。ここで、第2のマスク層7に覆われた領域の第1のメッキ層6の直径の面内分布は5%以内であった。

【0094】続いて、基板1をワークとして用いて、それを陽極として硫酸ニッケルと塩化ニッケルとほう酸及び光沢剤からなるNメッキ浴を用いて、浴温60℃、陽極電流密度8A/dm²で、露出した第1のメッキ層6の電解エッチングを行なう。ここで、電極層2としてNiを用いていたことにより電極層2の一部も電解エッチングされる(図9(d))。

【0095】次に、第2のマスク層7で覆われていない領域の第1のマスク層3をフッ酸とフッ化アンモニウムとの混合水溶液で除去する(図9(e))。更に、アセトンとジメチルホルムアミドで第2のマスク層7を除去する。

【0096】本実施例で用いた材料では、この段階でマスク層6は比較的強固に電極層2に固定されているので、これを金型或は金型マスターとして用いることができる。

【0097】しかし、本実施例では次の段階に進ませた。その基板(使用領域内のPSGのマスク層3は、その後の工程で支障がなく、むしろ半球状構造体8の固定を強固にするので、除去してない)について再び、硫酸ニッケルと塩化ニッケルとほう酸及び光沢剤からなるNメッキ浴を用いて、浴温60℃、陰極電流密度40A/dm²で、Niメッキを行ない、隣接する第1のメッキ層6同士が完全に繋がるまで成長させる。こうすることにより、700×700個の半球状構造体8を有する半球状構造体アレイを形成することができた(図9(f))。半球状構造体8の曲率半径の面内分布は5%以内であった。

【0098】その後、第1実施例と同様に図5に示す工程にてマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターを作製し、凸型マイクロレンズアレイ15を作製した。この凸型マイクロレンズアレイ15においてもレンズ直径の面内分布は5%以内であった。

【0099】(第6実施例) 第6実施例を、図1の作製工程図を用いて説明する。開口部4を形成するまでは第1実施例と同じである。開口部4は円形をしており、その直径は5μmであり、隣接する開口部4との間隔は18μmである。本実施例では全体で3900×3900個の開口部4を設けた(図1(a)参照)。

【0100】基板1をワークとして用いて、アレイ中心部の半径が約10μmの半球状構造体8となるまで第1のメッキ層6を成長させるのも、第1実施例と同じである(図1(b)参照)。

【0101】次に、ポジ型フォトリソ(AzP4620:Hoechst社製)からなるマスク層7を形成する(図1(c))。フォトリソを露光、現像し、ウエハの周辺部5を除いた1064×808個の領域上

に選択的に第2のマスク層7を設ける。

【0102】続いて、基板1をワークとして用いて、それを陽極として硫酸ニッケルと塩化ニッケルとほう酸及び光沢剤からなるNiメッキ浴を用いて、浴温60℃、陽極電流密度8A/dm²で、露出した第1のメッキ層6の電解エッチングを行なう。

【0103】次に、アセトンとジメチルホルムアミドで第1及び第2のマスク層3、7を除去することにより、1064×808個の半球状構造体8を有する半球状構造体アレイを形成することができた(図1(e)参照)。このとき、半球状構造体8の半径の面内分布は5%以内であった。

【0104】次に、次亜リン酸塩の還元剤を含む無電解Niメッキ液(S-780:日本カニゼン社製)を用いて、浴温90℃で、Ni無電解メッキを行ない、第2のメッキ層9を形成する(図1(f)参照)。これによって、第1のメッキ層6は電極層2上に強固に固定され、第2のメッキ層9の形成に無電解メッキを用いることにより光沢度の高いマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターが得られた。また、各メッキ層の対角方向と水平方向での曲率半径がほぼ等しく平均曲率半径は20μmであり、曲率半径の分布は±1μm以下に収まり、均一な形状の半球状構造体8を有する金型マスターを形成できた。

【0105】以上、本実施例により、無電解メッキを利用したマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターにおいて、半球状構造体8の大きさの面内分布を容易に小さくすることができる製造方法を提供することができた。

【0106】次に、金型用型鋳削(ニッカノンタック:日本化学産業製)を塗布する。この基板を陰極として、スルファミン酸ニッケルと臭化ニッケルとほう酸及び光沢剤からなるNiメッキ浴を用いて、浴温50℃、陰極電流密度5A/dm²で、Ni電気メッキを行ない、金型を形成する。その後、基板から金型を型鋳削マイクロレンズアレイ用金型を形成する。

【0107】このマイクロレンズアレイ用金型に紫外線硬化樹脂12を塗布後、支持基板13となるガラス基板をその上に載せ、紫外線照射により硬化させた後に剥離することにより、凸型マイクロレンズアレイ15を作製することができた(図5(e)、(f)参照)。この凸型マイクロレンズアレイにおいても、レンズ直径の面内分布は5%以内であった。

【0108】(第7実施例) 第7実施例を、図1から図4の作製工程図を用いて説明する。酸化ガスを用いて熱酸化し、両面に1μm厚の二酸化シリコン膜が形成されたインチウムのシリコンウエハを図1に示す基板として用いる。このウエハに薄膜形成法の1つである真空スパッタ法によりTiとPtをそれぞれ5%、500Å連続して成膜し、電極層2を形成する。その上にポジ型フォ

レジスト(Az1500: Hoechst社製)を塗布し、第1のマスク層3を形成する。

【0109】次に、フォトリソグラフィーによりフォトリソレジスト3を露光、現像し、電極層2を部分的に露出させ、開口部4を形成する。開口部4は円形をしており、その直径は $5\mu\text{m}$ で、隣接する開口部4との間隔は $18\mu\text{m}$ であり、シリコンウエハ面内の $14.5\text{mm}\phi$ の領域内にレイアウトに設けた。

【0110】この基板1をワークとして用いて、電極層2を陰極として硫酸ニッケルと塩化ニッケルとほう酸及び光沢剤からなるN1メッキ浴を用いて、浴温 69°C 、陰極電流密度 $40\text{A}/\text{dm}^2$ でN1メッキを行なう。N1からなる第1のメッキ層6はまず開口部4から析出、成長し、第1のマスク層3上にも広がり、第1のメッキ層6の形成面の中心において半径が約 $10\mu\text{m}$ の半球状構造体8となるまで第1のメッキ層6を成長させる。

【0111】次に、ポジ型フォトリソレジスト(AzP4620: Hoechst社製)からなるマスク層7を形成する(図1(c))。フォトリソレジストを露光、現像し、ウエハの周辺部5を除いた領域上に選択的に第2のマスク層7を設ける。ここで、図10に示す様に、第2のマスク層7は 1064×808 個の領域で同一面に8個所、 1.8mm の間隔25で設け、さらに貼り合わせ等の位置合わせに用いるマーカー14形成用として前記 1064×808 個の領域以外の任意の位置にも第2のマスク層7を形成する。図10において、マーカー14形成用の第2のマスク層7は、各領域の4隅近く14箇所に設けられている。従って、間隔25の所では、図10では見づらいが、マーカー14形成用の第2のマスク層7は4つ形成されている。

【0112】この基板1をワークとして用いて、それを陽極として硫酸ニッケルと塩化ニッケルとほう酸及び光沢剤からなるN1メッキ浴を用いて、浴温 60°C 、陽極電流密度 $8\text{A}/\text{dm}^2$ で、露出した第1のメッキ層6の電解エッチングを行なう(図1(d))。

【0113】次に、アセトンとジメチルホルムアミドで第1及び第2のマスク層3、7を除去することにより、 1064×808 個の半球状構造体8と第1のメッキ層6からなるマーカー14を同一面内に8個所有する半球状構造体アレイを形成することができた。このとき、それぞれ領域内および領域間での半球状構造体8の半径の面内分布は5%以内であった。

【0114】次に、次亜リン酸塩の還元剤を含む無電解N1メッキ液(S-780: 日本ニッケン社製)を用いて、浴温 90°C で、N1無電解メッキを行ない、第2のメッキ層9を形成する(図1(f))。これによって、第1のメッキ層8は電極層2上に強固に固定され、第2のメッキ層9の形成に無電解メッキを用いることにより、光沢度の高いマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターが得られた。また、各メッキ層の対角方向と

水平方向での曲率半径はほぼ等しく、平均曲率半径は $20\mu\text{m}$ であり、曲率半径の分布は $1\mu\text{m}$ 以下に取り、均一な形状の半球状構造体8を有する金型マスターを形成できた(図10参照)。

【0115】以上、本実施例により、複数領域をマーカーと共に形成し無電解メッキを利用したマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターにおいて、半球状構造体の大きさの面内分布を容易に小さくすることができる製造方法を提供することができた。

【0116】次に、電鍍用陰型剤(ニッカノンタック: 日本化学産業製)を塗布する。この基板を陰極として、スルファミン酸ニッケルと異化ニッケルとほう酸及び光沢剤からなるN1メッキ浴を用いて、浴温 50°C 、陰極電流密度 $5\text{A}/\text{dm}^2$ で、N1電気メッキを行ない金型を形成する。その後、基板から金型を離型しマイクロレンズアレイ用金型を形成した。これにより、1つの金型からマーカー14を有する8個の凸型マイクロレンズアレイを形成することができるマイクロレンズアレイ用金型が形成できた。

【0117】このマイクロレンズアレイ用金型に紫外線硬化樹脂12を塗布後、支持基板13となるガラス基板をその上に載せ、紫外線照射により硬化させた後に剥離して、各領域を切り取るにより、一枚の金型から8個の凸型マイクロレンズアレイ15を製作することができた(図5(e)、(f)参照)。この凸型マイクロレンズアレイにおいてもレンズ直径の面内分布は5%以内であった。

【0118】

【発明の効果】以上説明した様に、本発明により、大判化が容易で、作製プロセスが容易であり、制御性が高く、安価であり、かつアレイにおける面内分布の小さい、マイクロレンズアレイ用金型又は金型マスター及びその作製方法を提供することができた。

【0119】また、電解エッチングによって除去された第1のメッキ層はメッキ液中或いは対極金属材料に回収でき、高価な金属材料であっても、無駄無く利用でき、低コスト化が実現できた。また、1枚の基板面内に、各領域形成用半球状構造体の大きさのばらつきの抑制されたマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスターを単数、複数個、または複数種形成することができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例等によるマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスター等の製造工程を示す断面図である。

【図2】図1の工程(b)の断面の様子及び上面の様子を示す図である。

【図3】図1の工程(c)の断面の様子及び上面の様子を示す図である。

【図4】図1の工程(e)の断面の様子及び上面の様子を示す図である。

【図5】本発明の第1実施例等によるマイクロレンズアレイ金型、金型マスター及びマイクロレンズアレイ等の製造工程を示す断面図である。

【図6】本発明の第2実施例によるマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスター等の製造工程の一部を示す上面図である。

【図7】本発明の第2実施例によるマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスター等の製造工程の一部を示す上面図である。

【図8】本発明の第2実施例によるマーカー付き凸型マイクロレンズアレイを示す一部破断した上面図である。

【図9】本発明の第5実施例によるマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスター等の製造工程を示す断面図である。

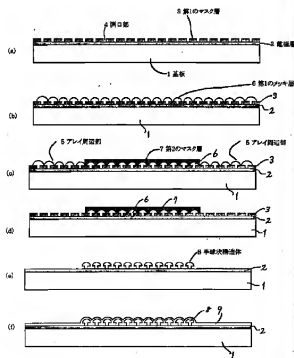
【図10】本発明の第7実施例によるマイクロレンズアレイ用金型又は金型マスター等の製造工程の一部を示す上面図である。

【図11】従来技術によるマイクロレンズアレイ用金型を説明する図である。

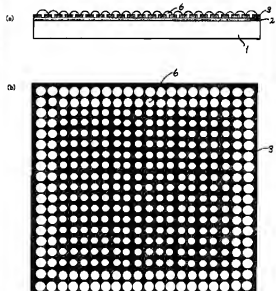
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 電極層
- 3 第1のマスク層
- 4 開口部
- 5 アレイ周辺部
- 6 第1のメッキ層
- 7 第2のマスク層
- 8 半球状構造体
- 9 第2のメッキ層
- 10 犠牲層
- 11 金型形成用電極層
- 12 紫外線硬化樹脂
- 13 支持基板
- 14 マーカー
- 15 凸型マイクロレンズアレイ
- 20 金型
- 25 間隔

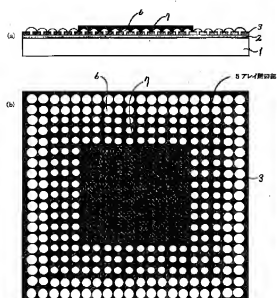
【図1】



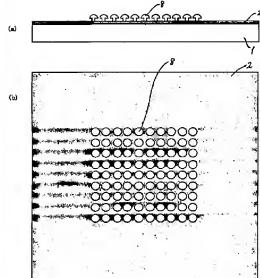
【図2】



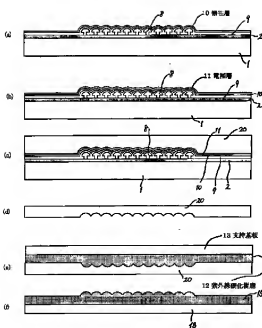
【図3】



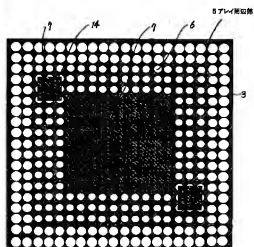
【図4】



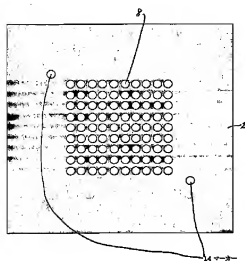
【図5】



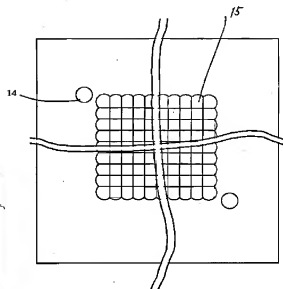
【図6】



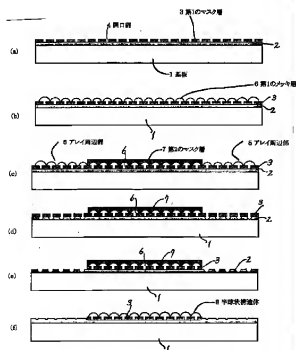
【図7】



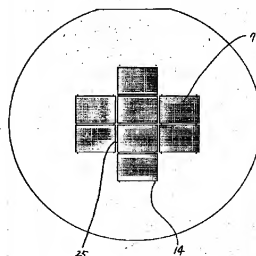
【図8】



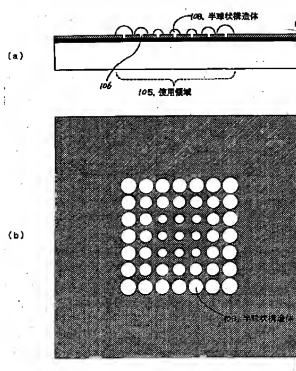
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 牛島 隆志
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内
(72)発明者 八木 隆行
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

Fターム(参考) 4F202 AA44 AD04 AH75 AJ02 AJ09
CA01 CA19 CB01 CB11 CD03
CD12 CD24 CK11
4F213 AA44 AD04 AH75 AJ02 AJ09
WA02 WA12 WA52 WA55 WA62
WA73 WA97 WB01 WB11 WC01